

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zylinderungleichstellung bezüglich der Kraftstoff-Einspritzmenge bei einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

- 5 Kritische Betriebsbereiche einer Dieselmotorkraftmaschine sind Leerlauf und niedrige Teillast. Obwohl in diesem Betriebsbereich die Verbrauchswerte im Vergleich zu einer Otto-Brennkraftmaschine sehr günstig sind, wird bei modernen Dieselmotorkraftmaschinen aus Gründen der Wirtschaftlichkeit die Leerlaufdrehzahl weiter abgesenkt. Dabei wirken sich Unregelmäßigkeiten der Drehmomentabgabe, die beispielsweise darauf beruhen, daß aufgrund von Toleranzen der einzelnen Einspritzkomponenten den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine unterschiedliche Kraftstoffmengen eingespritzt werden, in einer immer größeren, bemerkbaren Ungleichförmigkeit der Drehzahl aus. Die entstehenden Ungleichförmigkeiten können zum Beispiel in Kraftfahrzeugen zu einer nicht mehr zu vernachlässigenden Laufunruhe führen und Vibrationen verursachen.

- Aus der DE 34 03 260 C2 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern bzw. Regeln der Menge an Brennstoff, die in einen Mehrzylindermotor eingespritzt wird, bekannt. Dabei wird die Motordrehzahl periodisch bei jedem vorbestimmten Kurbelwellenwinkel erfaßt, um eine Mehrzahl von Motordrehzahlwerten zu erhalten, deren Zahl gleich einem ganzzahligen Vielfachen der Zahl der Motorenzylinder ist. Entweder maximale oder minimale Werte unter der Mehrzahl der Motordrehzahlraten werden bestimmt und diese Verfahrensschritte werden für eine Zeitdauer wiederholt, die alle Leistungshübe in den Zylindern umfaßt, und durch eine Mehrzahl von Sätzen der Motordrehzahlraten erhalten wird. Dann wird die Ordnung der Motordrehzahlraten, die den maximalen oder minimalen Wert innerhalb eines jeden Satzes ergeben, bestimmt und eine Majoritätsentscheidung wird getroffen, um zu bestimmen, welcher Rang der Daten am häufigsten in allen Sätzen das Maximum oder Minimum ergibt. Die Differenz zwischen Maximal- oder Minimalwerten wird für jeden Datensatz bestimmt und der Betrag an Brennstoff, der dem Motor zugeführt werden soll, wird so gesteuert, daß die Differenz bei allen Zylindern gleich wird. Der Betrag an Brennstoff, der dem Motor zugeführt wird, wird grundlegend durch Verwendung von Betriebsparametern des Motors bestimmt und eine Basisbrennstoffeinspritzmenge wird unter Verwendung der Differenz korrigiert.

- 15 In der US 4,590,907 ist ein Verfahren zur Zylinderungleichstellung bezüglich der Kraftstoff-Einspritzmenge bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine bekannt, wobei zur adaptiven Gleichstellung der Zylinder-einspritzmenge Drehzahlabweichungen erfaßt und ausgewertet werden. Hierzu werden Werte für die Drehzahl der Expansion und Werte für die Drehzahl bei der Kompression für jeden einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine erfaßt und daraus jeweils eine Drehzahl-differenz gebildet. In Abhängigkeit von der Drehzahl-differenz werden zylinderindividuelle Adaptionsmengen für den einzuspritzenden Kraftstoff zur Zylindermengengleichstellung ermittelt. Dadurch können Motorvibrationen aufgrund von unterschiedlichen Mengen an eingespritztem Kraftstoff gemindert werden.

- Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugehen, mit dem die durch ungleichmäßige Drehmomentabgabe hervorgerufene Drehzahlungleichförmigkeit der einzelnen Zylinder einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine auf einfache Weise minimiert werden kann.

- Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Durch Heranziehung der gefilterten Drehzahl-differenz zwischen Kompression und Expansion des einzelnen Zylinders zur Gleichstellung der Kraftstoff-Einspritzmenge wird der Energiegewinn des Verbrennungsvorganges ausgenutzt. Dieser Energiegewinn wird für alle Zylinder gleichgesetzt, wodurch sich eine erhöhte Laufruhe, insbesondere im unteren Teillastbetrieb und im Leerlauf ergibt. Hierzu werden in Abhängigkeit von der gefilterten Drehzahl-differenz zylinderindividuelle Adaptionsmengen für die Zylindermengengleichstellung ermittelt, in dem aus den gefilterten Drehzahl-differenzen ein Drehzahlmittelwert über alle Zylinder gebildet und eine Regelabweichung eines jeden Zylinders zum Mittel der Abweichung aller Zylinder berechnet wird. Abhängig von der Regelabweichung sind Werte für eine Leerlaufkraftstoffmenge in einem Kennfeld abgelegt, die bei der Berechnung der Adaptionswerte berücksichtigt werden.

- 45 Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens finden sich in den Unteransprüchen.

- Das Verfahren wird im folgenden anhand der einzigen Zeichnungsfigur näher erläutert. Es zeigt in Form eines Ablaufplanes die einzelnen Schritte zur Zylinderungleichstellung (Cylinder Balancing) durch Ermittlung der zylinderindividuellen Adaptionswerte für die einzuspritzende Kraftstoffmenge.

- In einem ersten Verfahrensschritt S1 wird überprüft, ob vorgegebene Bedingungen erfüllt sind, die eine Einberechnung der Adaptionswerte (Cylinder Balancing-Werte) in die Gesamtformel für die Einspritzmenge erlauben. Hierzu wird beispielsweise abgefragt, ob sich die Brennkraftmaschine im Betriebszustand Teillast oder Leerlauf befindet, die Drehzahl der Brennkraftmaschine unterhalb eines vorgegebenen Drehzahlgrenzwertes liegt und die Fahrerwunschmenge, die z. B. aus einem Pedalwert abgeleitet wird, von Null verschieden ist. Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so wird das Verfahren mit den Verfahrensschritten S12 und S13 fortgesetzt. Es wird ein Wert ME_ADD_CBAIneu gleich Null gesetzt, d. h. es findet aufgrund des momentan vorliegenden Betriebspunktes der Brennkraftmaschine keine Angleichung der den einzelnen Zylindern zuzuführenden Kraftstoffmenge statt. Das Verfahren ist damit beendet.

- Liefert die Abfrage in Verfahrensschritt S1 ein positives Ergebnis, sind also die genannten Bedingungen erfüllt, wird im Verfahrensschritt S2 überprüft, ob auch die Adaptionsbedingung erfüllt ist. Eine Adaption der zylinderindividuellen Kraftstoffmengen zur Zylinderungleichstellung ist nur im Betriebszustand Leerlauf zugelassen. Befindet sich die Brennkraftmaschine außerhalb des Leerlaufbereiches, so findet keine Adaption statt und der zylinderindividuelle Adaptionswert bleibt unverändert (Verfahrensschritt S11):

$$ME_ADD_CBAIneu = ME_ADD_CBAIalt.$$

- 55 Anschließend wird im Verfahrensschritt S13 dieser Wert ausgegeben und das Verfahren ist zu Ende. Ist die Adaptionsbedingung aber erfüllt, werden die zylinderindividuellen Korrekturmengen laufend aktualisiert. Die Berechnung erfolgt auf der Basis der Abweichung von Expansions- und Kompressionsdrehzahl des zu betrachtenden Zylinders. Hierzu werden im Verfahrensschritt S3 die Werte für die Drehzahl bei Expansion N_EXP und die Drehzahl bei

Kompression N_CPR für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine einzeln erfaßt, daraus jeweils die Differenz gebildet und diese gefiltert, beispielsweise durch eine gleitende Mittelwertbildung:

$$N_DIF_CBAL_GMW(i) = N_DIF(i) \cdot N_DIF_MITKO + N_DIF_CBAL_GMW(i-m) \cdot (1-N_DIF_MITKO)$$

mit $N_DIF_CBAL_GMW(i)$: neuer Mittelwert

$N_DIF_CBAL_GMW(i-m)$: alter Mittelwert

$N_DIF(i) = N_EXP(i) - N_CPR(i)$: Drehzahldifferenz zwischen Expansion und Kompression

N_DIF_MITKO : Mittelungskonstante, deren Wert zwischen 0 und 1 wählbar ist

i: Zylindernummer

m: Zylinderanzahl

Aus den für jeden Zylinder auf diese Weise ermittelten Werten $N_DIF_CBAL_GMW(i)$ wird im Verfahrensschritt S4 der Mittelwert über alle Zylinder gebildet:

$$N_DIF_CBAL_MW_GMW = 1/m \cdot \sum_i N_DIF_CBAL_GMW(i)$$

Im anschließenden Verfahrensschritt S5 wird die Regelabweichung $N_DIF_CBAL(i)$ eines jeden Zylinders zum Mittel der Abweichungen aller Zylinder und der I-Anteil des Leerlaufreglers (PID-Regler) berechnet:

$$N_DIF_CBAL(i) = N_DIF_CBAL_MW_GMW - N_DIF_CBAL_GMW(i).$$

Abhängig von der Regelabweichung $N_DIF_CBAL(i)$ sind in einem Kennfeld eines Speichers der Steuerungseinrichtung für die Brennkraftmaschine zugehörige Werte für den I-Anteil der Leerlaufkraftstoffmenge $KF_ME_ADD_I_CBAL$ als neuer Cylinder-Balancing Wert abgelegt.

Um sicherzustellen, daß das Cylinder Balancing nicht gegen die Leerlaufregelung arbeitet, wird abhängig vom Verhalten des Leerlaufreglers entschieden, ob die Adaption die Korrekturmengen für die einzelnen Zylinder erhöhen oder verringern darf. Dazu wird im Betriebszustand Leerlauf der gleitende Mittelwert der Leerlauf-Kraftstoffmenge gebildet:

$$ME_GMW_LL(i) = ME_GMW_LL(i-1) \cdot (1-ME_MITKO_LL) + ME_LL \cdot ME_MITKO_LL$$

mit ME_LL : aktuelle Leerlaufmenge

ME_MITKO_LL : Mittelungskonstante, deren Wert zwischen 0 und 1 wählbar ist.

Dies wird gemacht, um zu erkennen, in welche Richtung die Adaption erfolgt, zu positiven oder negativen Werten hin.

Im Verfahrensschritt S7 wird geprüft, ob der Mittelwert der Leerlaufmenge ME_GMW_LL größer Null und der I-Anteil negativ ist. Ist dies der Fall, so wird im Verfahrensschritt S9 der Wert $KF_ME_ADD_I_CBAL$ gleich Null gesetzt, andernfalls wird im Verfahrensschritt S8 überprüft, ob der Mittelwert der Leerlaufmenge ME_GMW_LL kleiner Null und der I-Anteil positiv ist. Liefert auch diese Abfrage ein positives Ergebnis, so wird ebenfalls zum Verfahrensschritt S9 verzweigt. Es findet eine Begrenzung des Kennfeldausgangswertes statt.

Liefen dagegen beide Abfragen in den Verfahrensschritten S7 und S8 negative Ergebnisse, so findet keine Begrenzung des Kennfeldausgangswertes $KF_ME_ADD_I_CBAL$ statt und im Verfahrensschritt S10 erfolgt die Berechnung des neuen Adaptionswertes:

$$ME_ADD_CBAL_{neu} = ME_ADD_CBAL_{alt} + KF_ME_ADD_I_CBAL$$

Anschließend wird im Verfahrensschritt S13 die zur Zylindergleichstellung berücksichtigende Adaptionmenge (Korrekturmengen) ME_ADD_CBAL ausgegeben, die additiv zur Fahrerwunschmenge bei der Gesamtformel zur Bestimmung der Einspritzmenge eingeht. Diese Adaptionmenge ist entweder Null (Verfahrensschritt S12), wenn aufgrund des Betriebszustandes der Brennkraftmaschine die Cylinder Balancing-Funktion nicht berücksichtigt wird oder der alte, früher berechnete Wert, weil keine Adaption zugelassen ist (Verfahrensschritt S11) oder der im Verfahrensschritt S10 neu berechnete Wert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Zylindergleichstellung bezüglich der Kraftstoff-Einspritzmenge bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine, wobei zur adaptiven Gleichstellung der Zylinder

- die Werte für die Drehzahl bei Expansion ($N_EXP(i)$) und die Drehzahl bei Kompression ($N_CPR(i)$) für jeden Zylinder (i) der Brennkraftmaschine erfaßt werden,
- daraus jeweils eine Drehzahldifferenz ($N_DIF(i)$) gebildet wird,
- die Drehzahldifferenz ($N_DIF(i)$) mittels einer gleitenden Mittelwertbildung ($N_DIF_CBAL_GMW(i)$) gefiltert wird,
- in Abhängigkeit von der gefilterten Drehzahldifferenz ($N_DIF_CBAL_GMW(i)$) zylinderindividuelle Adaptionismengen ($ME_ADD_CBAL(i)$) für die Zylindermengengleichstellung ermittelt werden, indem
- aus den gefilterten Drehzahldifferenzen ($N_DIF_CBAL_GMW(i)$) ein Drehzahlmittelwert ($N_DIF_CBAL_MW_GMW$) über alle Zylinder (i) gebildet wird,
- eine Regelabweichung ($N_DIF_CBAL(i)$) eines jeden Zylinders (i) zum Mittel der Abweichung ($N_DIF_CBAL_MW_GMW$) aller Zylinder (i) berechnet wird und
- abhängig von der Regelabweichung ($N_DIF_CBAL(i)$) Werte für eine Leerlaufkraftstoffmenge ($KF_ME_ADD_I_CBAL$) in einem Kennfeld abgelegt sind, die bei der Berechnung der Adaptionswerte

(ME_ADD_CBAL(i)) berücksichtigt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der neue Adaptionwert berechnet wird aus dem alten Adaptionwert und dem Kennfeldwert zu

$$ME_ADD_CBAL_{neu} = ME_ADD_CBAL_{alt} + KF_ME_ADD_I_CBAL$$

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kennfeldwert (KF_ME_ADD_I_CBAL) in Abhängigkeit vom Mittelwert der Leerlaufkraftstoffmenge (ME_GMW_LL(i)) begrenzt ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

